

Формирование доменной структуры внешним механическим воздействием

Е.В. Барабанова¹, О.В. Малышкина¹, Г.М. Акбаева²

¹*Тверской государственный университет, 170100, Тверь, Россия
pechenkin_kat@mail.ru*

²*Южный федеральный университет, 344006, Ростов-на-Дону, Россия*

В работе изучается формирование лабиринтообразной доменной структуры под воздействием механической обработки (полировки). В частности, влияние размера абразивных частиц полировального материала на размер образующихся доменов.

Formation of the domain structure by external mechanical effects

E.V. Barabanova¹, O.B. Malyshkina¹, G.M. Akbaeva²

¹*Tver State University, 170100, Tver, Russia*

²*Southern Federal University, 344006, Rostov-on-Don, Russia,*

We study the formation of labyrinthine domain structure under mechanical treatment (polishing). In particular, the effect of particle size of the abrasive polishing material on the size of the formed domains.

Создание градиентных структур является одним из актуальных направлений современного материаловедения. Оно направлено на решение как задач прикладного характера (получение материалов с заданными свойствами), так и фундаментальных (исследование зависимости физических свойств от градиента состава и/или структуры). Создание градиентных структур развивается по двум основным направлениям: создание (или модифицирование) поверхностных слоев и создание градиента в объеме. Достаточно много работ проводится в области улучшения механических свойств конструкционных материалов. В частности создаются поверхностные слои увеличивающие прочность, износостойкость, твердость материалов и т.д. [1-3]. При исследовании сегнетоэлектрических материалов, напротив, основная масса работ посвящена влиянию на свойства градиента состава и структуры в тонкопленочных материалах [4,5]. Создание поверхностных слоев в данных материалах освещено слабо [6].

В работе исследовались процессы формирования поверхностных слоев со структурой отличной от структуры объема сегнетоэлектрического материала путем механической обработки (полировки). В качестве исследуемых материалов была выбрана керамика системы цирконата-титаната свинца (ЦТС). Наблюдение микроструктуры и доменной структуры образцов осуществлялось на атомно-силовом микроскопе фирмы NT-MDT в режиме силовой микроскопии пьезоотклика. Полировка образцов производилась алмазными пастами различной дисперсности в течении равного времени.

Как было показано ранее [7], при полировке образца происходит разрушение обрабатываемого слоя и формирование лабиринтообразной доменной структуры. При этом данная доменная структура не совпадает с доменной структурой, наблюдаемой в объеме материала и на необработанной поверхности. Она является достаточно термостабильной и не исчезает при нагреве до температуры несколько выше температуры Кюри. Так как данная доменная структура формируется именно в процессе полировки, то интересным представляется изучение взаимодействия абразивных частиц и обрабатываемого материала.

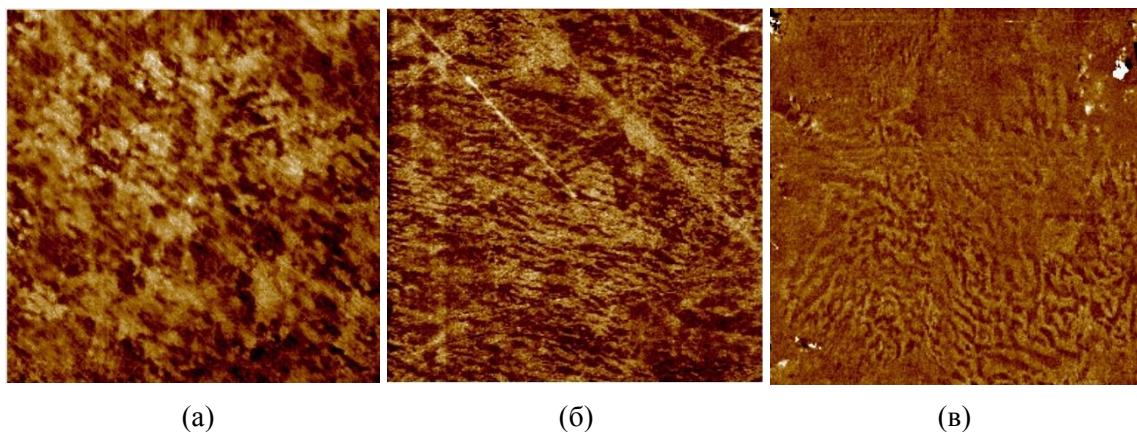


Рисунок 1. Изображение сигнала пьезоотклика поверхности керамики системы ЦТС, подвергнутой полировке алмазной пастой дисперсности:
(а) 5/3 (размер 50X50 мкм), (б) 2/1 (размер 30X30), (в) 1/0 (размер 10X10).

В результате проведенных экспериментов установлено, что размер абразивных частиц алмазной пасты влияет на размер формируемых доменов. На Рисунке 1а представлено изображение сигнала пьезоотклика поверхности образца, подвергнутой полировке алмазной пастой дисперсностью 5/3. Это соответствует размеру абразивных частиц порядка мкм. В этом случае лабиринтообразные домены имеют размер больший, чем домены, полученные при полировке пастами дисперсностью 2/1 и 1/0 (рис. 1б-в). При полировке пастами с дисперсностью более 10/7 (шлифовке) лабиринтная доменная структура не выявляется. Причиной формирования такого рода доменов, вероятно, является прямой пьезоэлектрический эффект, возникающий при деформации поверхности образца абразивными частицами пасты.

Следует отметить, что данные образцы по своим механическим свойствам являются достаточно хрупкими и являются сегнетомягкими материалами. Это отличает их от систем ЦТС иного состава (например, ЦТС-46), в которых при полировке лабиринтная доменная структура практически не возникает.

Таким образом, можно сделать вывод, что подбирая сегнетоэлектрический материал, обладающий определенными механическими и сегнетоэлектрическими свойствами, а также абразивный материал, можно создавать сегнетоэлектрические градиентные структуры.

1. Ю.П. Миронов, Л.Л. Мейснер, А.И. Лотков, *Журнал технической физики* **78**, 118 (2008).
2. А.Ф. Лисовский, *Сверхтвердые сплавы* **4**, 36 (2010).
3. Г.Н. Чернышев, А.Л. Попов, В.М. Козинцев, И.И. Пономарев, *Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах* (Физматлит), 240 (1996).
4. J.V. Mantese, S.P. Alpay, *Graded Ferroelectrics, Transpacitors and Transponents* (New York: Springer), 153 (2005).
5. Д.Н. Хмеленин, О.М. Жигалина, К.А. Воротилов, А.С. Сигов, *Материалы IV международной научно-технической конференции INTERMATIC* **2**, 7 (2008).
6. J.C. Harker, *Measuring and Altering Ferroelectric Domain Structures in Lead Perovskite Single-Crystals* (University of Rochester), (2011).
7. E.V. Barabanova, O.V. Malysheva, Y.V. Kuznetsova, G.M. Akbaeva, *Ferroelectrics* **496**, 157 (2016).